

Janne Nick

Matkapuhelinverkkojen hallintakeskuksen työvaiheiden ja prosessien kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

1.5.2018

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Janne Nick Matkapuhelinverkkojen hallintakeskuksen työvaiheiden ja prosessien kehittäminen</p> <p>35 sivua + 2 liitettä 1.5.2018</p>
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Digitaalinen media
Ohjaaja	Yliopettaja Harri Airaksinen
<p>Insinööriytyössä kehitettiin matkapuhelinverkkojen hallintakeskuksille uusia toimintatapoja ja prosesseja. Työssä keskityttiin uusien tukiasemien käyttöönoton työtapojen tehostamiseen ja uusien työkalujen kehittämiseen.</p> <p>Hallintakeskukset ovat perinteisesti toimineet operaattorin oman hallinnan alaisena, mutta viime vuosina operaattorit ovat alkaneet ulkoistaa hallintakeskustoimintojaan aliurakoitsijoille, ja tämä on luonut kilpailutilanteen eri urakoitsijoiden välille. Tällöin työn tehokkuudesta on tullut tärkeä asia palvelun hinnalla kilpailtaessa.</p> <p>Insinööriytyössä kehitettiin muun muassa käyttöönoton ajanvarausprosessia ottamalla käyttöön sähköinen Google-kalenteri. Lisäksi kehitettiin Excel-tiedosto, joka toteutettiin kaavoilla ja luo nopeasti konekieliset komennot 2G-tukiaseman signaalintilinkkien luontia varten. Työssä kehitettiin myös Excel-makro, joka luo 4G-tukiaseman komissiointitiedoston.</p> <p>Uusilla työtavoilla ja erityisesti tässä työssä kehitetyillä työkaluilla hallintakeskuksen tehokkuus kasvoi huomattavasti. Esimerkiksi 4G-tukiaseman komissiointitiedoston luomisessa saavutettiin lähes 70 prosentin ajansäästö verrattuna alkuperäiseen työtapaan.</p> <p>Operaattorit ottavat koko ajan uusia ominaisuuksia käyttöön matkapuhelinverkoissaan, ja hallintakeskuksen tulee seurata näitä muutoksia tulevaisuudessa ja reagoida niihin tarvittaessa luomalla uusia työkaluja tai työtapoja työn osittaiseen automatisointiin.</p>	
Avainsanat	matkapuhelinverkot, hallintakeskus, tukiasemat

Author Title	Janne Nick Work methods, processes and their development of the Mobile Network Management Center
Number of Pages Date	35 pages + 2 appendices 1 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Digital Media
Instructor	Harri Airaksinen, Principal Lecturer
<p>The aim of this theses was to develop a new work methods and processes for mobile network management centers. This thesis focused on enhancing the working methods of integrating new base stations to the networks.</p> <p>Management centers have traditionally operated under the operator's own management, but in recent years, operators have begun outsourcing their management center functions to sub-contractors, creating a competitive position between different contractors. In this case, the efficiency of the work has become an important issue when competing with the price of the service.</p> <p>In the bachelor's thesis, the introduction of new scheduling process was developed by adopting a Google Calendar. In addition, an Excel file was created which quickly creates MML commands for LAPD links and IP associations for a 2G base stations. Also an Excel macro was developed that creates a 4G base station commission file. With new working methods and tools were developed in this work, the efficiency of the control center has increased considerably. For example, in the creation of a 4G base station commission file, nearly 70 percent time savings have been achieved compared to the original methods.</p> <p>Operators are constantly introducing new features on their cellular networks and the management center should monitor these changes in the future and respond to these if necessary by developing new tools and finding the fastest way of getting work done.</p>	
Keywords	management center, mobile networks, base station.

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Hallintakeskuksen toiminta	2
3	Hallintakeskuksen toiminnan tehostaminen	6
3.1	Kalenterin käytön tehostaminen ja tukiasemien valmisteleminen	6
3.2	Tukiaseman käyttöönotto, testausprosessi ja vikaseuranta	23
4	Saavutetut hyödyt ja tulevaisuus	25
5	Yhteenveto	27
	Lähteet	28

Liitteet

Liite 1. Cabcell_2G_insinoorityo.xml-tiedosto

Liite 2. XML-generaattori-koodi-Liite vain työn tilaajan käyttöön.

Lyhenteet

BSC	Base Station Controller, 2G-tukiasemaohjain. BSC kontrolloi mm. tukiasemien radioparametreja. Mm. sektoreiden kanavatiedot ja naapuruusparametrit määrittellään BSC:ssä.
BTS	Base Transmission Station. GSM-tukiasema.
RNC	Radio Network Controller, 3G-tukiasemaohjain. Sisältää mm. 3G-tukiasemien radorajapinnan parametrit.
CI	Cell ID. Tukiasemasektorin uniikki tunniste.
LAC	Location Area Code. Määrittää alueellisesti ryhmän, johon kuuluu yleensä muutamia satoja tukiasemia. Tämän parametrin määrittämisellä saadaan optimoitua turhaa signaalointiliikennettä.
WBTS	Wideband Base Transceiver Station. 3G-tukiasema. WBTS-ID on 3G tukiaseman uniikki ID RNC:ssa.
MRBTS	4G-tukiaseman uniikki ID Netactissa.
LCSE	BSC-objekti, josta sijaitsevat tukiaseman paikkatiedot.
SAC	Service Area Code. 3G -sektorin ID-numero, joka erottaa saman LAC:n alla olevat tukiasemat toisistaan.
3G	Kolmannen sukupolven matkapuhelinverkko.
4G	Neljännän sukupolven matkapuhelinverkko. Kulkee myös nimellä LTE.
TRS	Transmission, tukiaseman siirtoyhteys.
O&M	Operating & Maintenance. Hallinnointiyhteys tukiasemaohjaimen ja tukiaseman välillä.
MML	Man-Machine Language. Nokian käyttämä komentokieli. [1, s. 2.]

ADJ	Adjacency. Tukiasemasolujen naapuruusparametri.
IPNB	IP Based Route for the NBAP links. RNC-objekti, jossa määritetään tukiaseman IP-tiedot.
eNodeB	4G-tukiasemasta käytetty nimi.
Netact	Nokian verkonhallintajärjestelmä [13].
LAPD	GSM-teknologiassa tukiaseman ja tukiasemaohjaimen välillä käytetty merkinantoprotokolla [14].
XML	Extensible Markup Language. Merkintäkieli joka voi sisältää esimerkiksi dataa. [15.]
BCF	Base Station Control Function. BSC:ssa oleva objekti joka sisältää 2G-tukiaseman kontrollointifunktiot. [15, s. 57.]
TRX	Transceiver. 2G-tukiaseman kaksisuuntainen radio. [15, s. 19.]
HOC	Handover Control. BSC:ssa objekti, joka määrittää, kuinka tukiaseman naapuruudet toimivat. [15, s. 19.]
POC	Power Control. BSC:ssa objekti, joka määrittää mm. tukiaseman tehoparametrit. [15, s. 19.]
NPGE	Network Interface Unit SDH - RNC:ssa oleva fyysinen liitäntäpiste.

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on tutkia ja kehittää matkapuhelinoperaattoreiden hallintakeskuksen toimintatapoja tukiasemien käyttöönottovaiheessa. Vastaavanlainen hallintakeskus on jokaisen operaattorin organisaatiossa ympäri maailmaa. Hallintakeskuksessa tehdään käyttöönottovaiheessa yhteistyötä tukiasema-asentajien kanssa puhelimitse. Hallintakeskuksesta on etähallintayhteydet jokaiseen verkkoelementtiin, ja hallintakeskus määrittelee tarvittavat parametrit tukiasemaohjaimiin, kun taas tukiasema-asentaja määrittää asetukset tukiaseman päähän. Tässä työssä keskitytään Nokian laitteilla toteutettuun matkapuhelinverkkoon, koska Nokia on Suomessa yleisin laitetoimittaja.

Insinööriyössä käydään läpi, miten tukiaseman käyttöönoton prosessi kulkee rakennuttajien, radioverkkosuunnittelijoiden, hallintakeskuksen ja asentajan välillä aina käyttöönoton jälkeiseen seurantaan, mutta työssä keskitytään pääasiassa hallintakeskuksen osuuteen. Jotta pystyn välittämään hyvän kokonaiskuvan, on kevyesti viitattava myös hallintakeskuksen ulkopuolisiin asioihin.

Olen itse toiminut hallintakeskuksessa erilaisissa työrooleissa jo yli 15 vuotta, ja olen ollut kehittämässä tässä kuvattuja työtapoja koko tämän ajan. Insinööriyön tarkoituksena on nimenomaan työn tehostaminen ja virheiden minimointi. Olen toiminut vuodesta 2014 Orbion Consultingin hallintakeskuksessa, ja kun vertailen työtapoja projektin alussa, tarkoitan tämän projektin alkuvaiheita vuonna 2014.

Osana insinööriyötä on tarkoitus kehittää VBA-skripti, joka luo automaattisesti XML-tiedoston radioverkkosuunnittelijan toimittamista tukiasemaparametreista. Tätä XML-tiedostoa voidaan käyttää 4G-tukiaseman asetusten komissiointiin tukiaseman päässä. Keskitetyksi tehdyillä XML-tiedostoilla saadaan minimoitua asentajan tekemät näppäilyvirheet, joiden löytäminen on hidastanut huomattavasti tukiasemien käyttöönottoa.

Työssä analysoidaan uuden prosessin tehokkuutta ajan määreenä. Analysoin myös, miten esimerkiksi XML-generaattorin luominen vähentää ihmisvirheitä ja jälkikäyntejä tukiasemilla.

2 Hallintakeskuksen toiminta

Hallintakeskuksen toimintatavat lähtötilanteessa

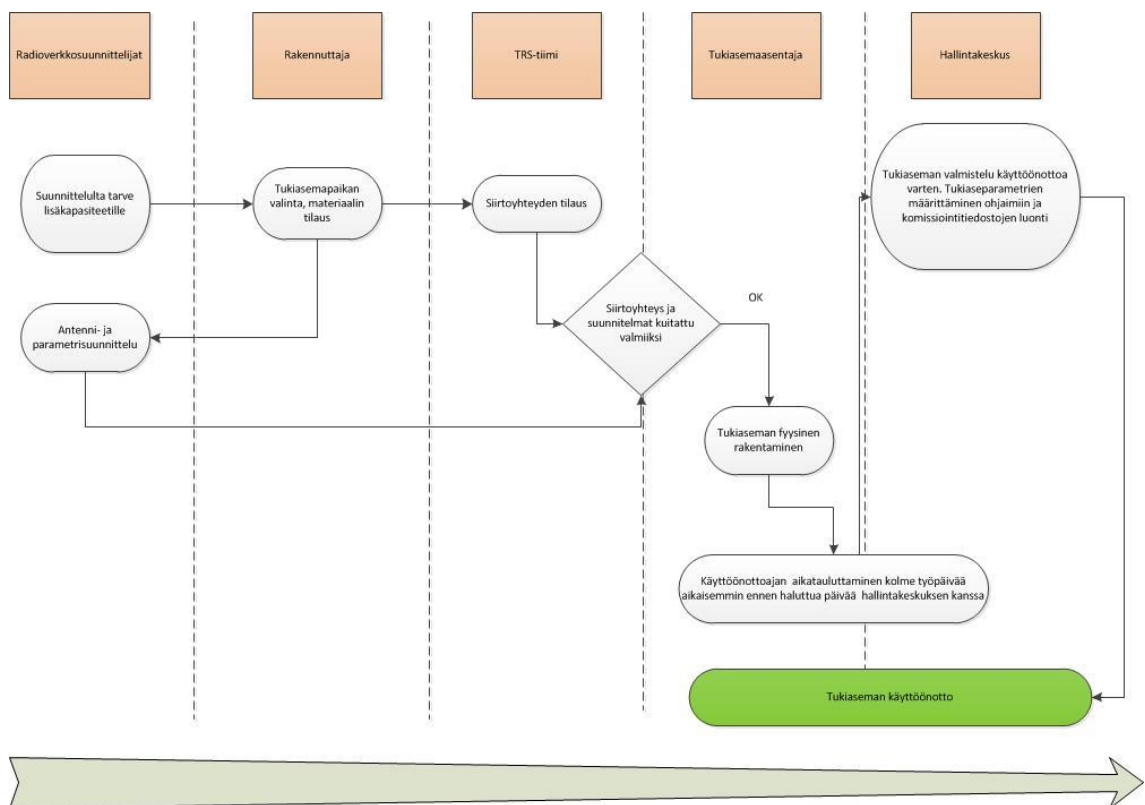
Lähtötilanteessa operaattorilla on tarve lisätä kapasiteettia verkkoon. Tarve havaitaan verkon liikennemittauksista tai vaihtoehtoisesti asiakas on valittanut heikosta kuuluvuudesta, jonka seurauksena päätetään nostaa tukiaseman kapasiteettia. Kapasiteetin nosto voidaan tehdä joko rakentamalla täysin uusi tukiasema tai lisäämällä kapasiteettia olemassa olevaan tukiasemaan. Variaatioita erilaisista päivityksistä on useita ja tässä insinööriyössä keskitytään uuden tukiaseman käyttöönottoon.

Kun kapasiteetin lisäyksen tarve on havaittu, alkavat radioverkkosuunnittelijat suunnitella tukiasemaa, ja he tekevät yhteistyötä rakennuttajan kanssa, jotka etsivät fyysisen paikan tukiasemalle. Sen jälkeen, kun tukiasemapaikka on löytynyt, alkavat radioverkkosuunnittelijat suunnitella tukiaseman parametreja, joita käytetään 2G-tukiasemaohjain BSC:ssa, 3G-tukiasemaohjain RNC:ssa ja 4G-tukiasemassa. Nämä parametrit 2G- ja 3G-tukiasemaan toimitetaan hallintakeskukselle XML-muodossa, kun taas 4G-parametrit toimitetaan Excel-tiedostona. Tämä johtuu siitä, että suomalaiset operaattorit käyttävät Atoll-ohjelmistoa [11] radioverkon suunnitteluun, ja tällä hetkellä ohjelmisto ei tue 4G-tukiasemien XML-tiedostojen luontia suoraan. Erona 2G-, 3G- ja 4G-tekniikoissa on, että 2G- ja 3G-verkossa radioparametrit on määriteltävä tukiasemaohjaimessa, kun taas 4G-verkossa ne määritellään tukiasemassa. Vaikka Atoll ei tue tukiaseman pään XML-formaattia, se kuitenkin pystyy generoimaan 4G-tukiaseman parametrit Excel-tiedostona radioverkkosuunnittelijoiden suunnitelmien mukaan. Tukiasema ei hyväksy parametreja Excel-formaatissa, joten hallintakeskuksen pitää muuttaa Excel-tiedoston parametrit XML-formaattiin. Tämän jälkeen tukiasema-asentaja saa syötettyä parametrit helposti tukiasemaan XML-tiedoston avulla.

Rakennuttaja vastaa tukiasemarakennuksesta ja tilaa tukiasemalle tarvittavan tukiasemalaitteiston. Tukiasemalle on määriteltävä alue, johon tukiasema rakennetaan, ja rakennuttajat yrittävät löytää tukiasemalle sopivan paikan. Tukiasemia rakennetaan maaseudulla paljon yhteiskäytössä oleviin mastoihin ja kaupungeissa usein esimerkiksi kerrostalojen ullakoille ja ilmanvaihtokonehuoneisiin. Rakennuttajan tehtäviin kuuluu myös tilata oikea tukiasemalaitteisto suunnitelman mukaisesti, jotta voidaan toteuttaa suunniteltu tukiasema. Myös kaiken muun rakennusmateriaalin tilaaminen on rakennuttajan vastuulla.

Kun tukiasemapaikka ja suunnitelmat ovat selvillä, transmissio-tiimi suunnittelee käytettävän siirtoyhteyden ja tekee siitä tilauksen aliurakoitsijalle, joka rakentaa siirtoyhteyden tukiasemapaikalle. Siirtoyhteydelle tilataan kapasiteettia sen mukaan, mitä radioverkko-suunnittelijan suunnitelmat tarvitsevat. Pienemmällä kapasiteetilla oleville tukiasemille riittää linkkihyppy, kun taas suuremman kapasiteetin tukiasemille tarvitaan kuituyhteys. Jos tukiasemapaikalla ei ole kuituyhteyttä valmiiksi, se pitää kaivaa maahan. transmissio-tiimi myös määrittää asetukset tukiasemareitittimiin.

Kuvassa 1 on havainnollistettu tukiaseman rakentamisen ja käyttöönoton kokonaisprosessi.



Kuva 1. Matkapuhelinverkon tukiasemarakentamisen prosessi.

Aikatauluttaminen

Projektin alkaessa vuonna 2014 käytössä ei ollut toimivaa ajanvarausjärjestelmää. Asentaja ehdotti käyttöönottoaikaa hallintakeskukselle joko puhelimitse tai sähköpostitse, minkä jälkeen hallintakeskus lisäsi työn kalenteriin. Työt viivästyivät tai peruuntuivat

usein materiaali puutteen tai huonon suunnittelun vuoksi. Uudelleenaikatauluttaminen vaati aina uuden puhelinsoiton tai sähköpostiviestin. Töiden aikatauluttaminen projektin alussa vaati kohtuuttoman paljon aikaa. Insinööriyön kolmannessa luvussa kerron, kuinka kalenterin käyttöä on tehostettu.

Verkonhallinnan työkalut

Nokian toimittamia verkkoja hallitaan Nokian Netact-ohjelmistolla. Se sisältää suuren määrän eri työkaluja verkon hallintaan, ylläpitoon, valvontaan ja optimointiin. Hallintakeskuksen yleisimmät käytössä olevat työkalut ovat seuraavat:

- Nokia CM editor – Nokian Plan editor, jolla voidaan muokata radioverkkosuunnittelijoiden luomia XML-tiedostoja, ennen kuin ajamme parametrit verkkoon. CM Editorilla voi luoda niin kutsutun CM-planin myös tyhjästä, jos verkkoon halutaan tehdä parametrimuutoksia tms. CM Editorissa on ajankohtainen tilanne koko verkon parametreista. [2.]
- Nokia CM Operations Manager – CM Operations Managerilla ajetaan XML-tiedostot live-verkkoon, jotka on joko tuotu XML-tiedostosta tai luotu CM editorilla. CM Operations Managerilla voidaan ajaa XML-tiedostoja jokaiseen Nokian verkkoelementtiin. [2.]
- BTS Site Manager – Tällä ohjelmalla saa etäyhteyden 3G- ja 4G-tukiasemiin. Tällä managerilla asentaja myös määrittää tukiaseman pään asetukset. Hallintakeskus luo 4G-komissiointitiedoston asentajille valmiiksi virheiden välttämiseksi. [3.]
- Microsoft Excel – Radioverkkosuunnittelijat toimittavat tukiasemien IP-osoitteet ja 4G-parametrit Excel-tiedostona.

Ajankäyttö

Taulukossa 1 näkyy keskimääräinen aika, joka hallintakeskuksessa käytetään kunkin tekniikan uuden tukiaseman valmisteluun ja käyttöönottoon. Itse käyttöönottoa on vaikea nopeuttaa alkuperäisestä, koska käyttöönoton aikana tehdään paljon manuaalista testausta yhteistyössä asentajan kanssa. Mutta projektin alkaessa valmistelut tehtiin täysin manuaalisesti, eli jokainen asetus asetettiin käytännössä käsin verkkoon. Tässä insinöörityössä automatisoidaan osa töistä, ja näin säästetään aikaa varsinkin valmisteluvaiheessa.

Taulukko 1. Hallintakeskuksen ajankäyttö valmistelun ja käyttöönoton osalta projektin alkaessa.

Tekniikka	Valmistelut, min	Käyttöönotto, min
2G	60	30
3G	60	30
4G	45	40

3 Hallintakeskuksen toiminnan tehostaminen

3.1 Kalenterin käytön tehostaminen ja tukiasemien valmisteleminen

Hallintakeskusprojektin alkaessa havaitsin, että töiden aikatauluttamisen kanssa on ollut paljon ongelmia, ja siihen on käytetty huomattavan paljon aikaa. Päätin ottaa käyttöön jaetun Google-kalenterin [4], johon asentaja voi itse varata käyttöönottoajan kalenterimerkinnällä sitten, kun tukiaseman rakentaminen alkaa olla loppusuoralla. Kalenterivaraus pitää tehdä vähintään kolme työpäivää ennen haluttua käyttöönottopäivää. Kuvassa 2 tehdään kalenterivaraus. Tämä jaetun kalenterin käyttö vähentää huomattavasti asentajan ja hallintakeskuksen välistä ylimääräistä puhelinliikennettä.

Urheilutalo

25. maaliskuuta 2018 – 25. maaliskuuta 2018

☒ Koko päivä ☐ Ei toistu

TAPAHTUMAN TIEDOT ETSI AJANKOHTA

Lisää sijainti

Lisää videoneuvottelu

LISÄÄ ILMOITUS

Hallintakeskus

Vapaa Näkyyvyyden oletusasetus

Uusi 4G tukiaseman käyttöönotto. Asentajan yhteystiedot Matti Melkäläinen Puhelinnumero 050-5555555

OSALLISTUJAT

Lisää osallistujia

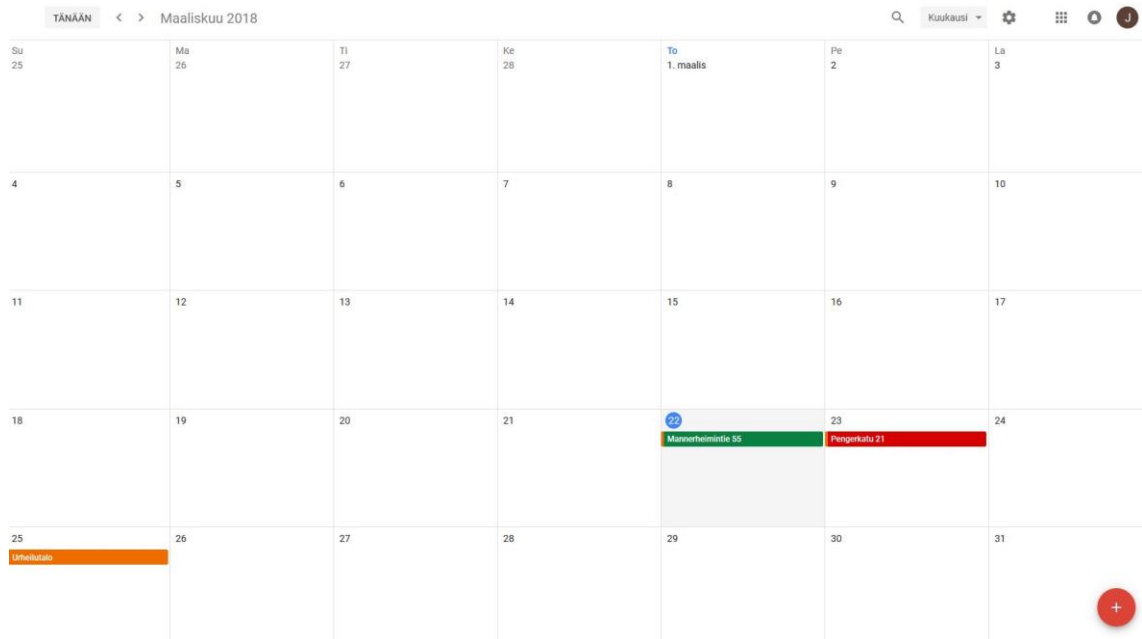
Osallistujat voivat

- ☐ Muokata tapahtumaa
- ☒ Kutsua muita
- ☒ Nähdä muut osallistujat

Kuva 2. Kalenterivarauksen tekeminen Google-kalenteriin.

Kalenterivarauksessa tulee olla tukiaseman nimi, tieto, mitä tekniikoita otetaan käyttöön, sekä asentajan yhteystiedot. Kalenterivarausta tehtäessä varauksen värikoodi on automaattisesti oranssi. Tämä värikoodi ilmaisee hallintakeskukselle, että kohde on uusi eikä sitä ole vielä valmisteltu. Hallintakeskuksella on nyt kolme työpäivää valmistella työ käyttöönottoa varten, ja kun hallintakeskus on saanut valmisteltua kohteen ilman ongelmia, se vaihtaa varauksen värikoodin vihreäksi.

Kalenterinäköymästä selviää yhdellä silmäyksellä tulevien töiden kokonaismäärä ja se, missä vaiheessa hallintakeskuksen valmistelut ovat. Vihreä kalenterimerkintä tarkoittaa, että valmistelut on tehty, ja kohde on käyttöönottoa vaille valmis. Punainen kalenterimerkintä tarkoittaa, että valmisteluissa on ongelmia ja kohde tarvitsee lisäselvittelyä. Oranssi kalenterimerkintä taas tarkoittaa sitä, että kalenterimerkintä on uusi eikä hallintakeskus ole vielä reagoinut siihen (kuva 3).



Kuva 3. Kalenterinäköymä, jossa näkyvät asentajien varaamat tukiasemien käyttöönotot.

Hallintakeskuksen valmistellessa työtä tulee usein vastaan erilaisia ongelmia. Yleisin ongelma on, että BTS:lle on määritetty päällekkäinen id-tunniste [12], eli toinen radioverkko-suunnittelija on varannut saman tunnisteeseen jo toiselle tukiasemalle. Jokainen tukiasema tarvitsee uniikin tunnisteeseen tukiasemaohjaimella. Toiseksi yleisin ongelma on, että XML-tiedostosta puuttuu osa naapuruuksista. Näissä tapauksissa hallintakeskuksen tulee olla yhteydessä radioverkko-suunnittelijoihin ja pyytää uudet XML-tiedostot päivitettyillä parametreilla. Jos tukiasemaa ei saada valmisteltua ilman ongelmia tai puutteita, vaihtaa hallintakeskus kalenterivarauksen väritunnisteeseen punaiseksi ja informoi saman tien asentajaa, että valmisteluvaiheessa on hidastuksia. Yleensä korjatut XML-tiedostot saadaan jo saman päivän aikana suunnittelijoilta, joten valmistelut saadaan tehtyä aika-aulussa.

Asentajilla saattaa myös olla ongelmia tukiaseman päässä, ja heiltä voi esimerkiksi puuttua jokin osa tukiasemalta. Asentajalla on myös mahdollisuus perua sovittu asennus, jos

suunniteltuun käyttöönottoon on yli vuorokausi aikaa. Kun kalenterista perutaan tapahtuma, siitä lähtee kaikille osapuolille sähköpostiviesti, joka on määritelty kalenterin asetuksissa (kuva 4). Jos työ halutaan peruuttaa alle vuorokauden sisällä halutusta käyttöönottopäivästä, pitää hallintakeskukselle myös soittaa, jotta resursseja ei tuhleta kyseiseen kohteeseen. Nämä peruutetut kohteet varataan uudelleen kolme työpäivää etukäteen samalla tavalla kuin alkuperäinen varaus on tehty.

Projektin alkaessa töitä ei juuri valmisteltu ja monet asiat tehtiin samaan aikaan, kun asentaja oli tukiasemalla. Näissä tapauksissa asentaja joutui usein odottamaan hallintakeskusta kohtuuttoman kauan.

Yleisilmoitukset	
Uudet tapahtumat Saat ilmoituksen, kun joku lähettää sinulle kutsun tapahtumaan.	Ei mitään ▼
Muuttuneet tapahtumat Saat ilmoituksen, kun tapahtumaa muutetaan.	Sähköposti ▼
Peruutetut tapahtumat Saat ilmoituksen, kun tapahtuma peruutetaan.	Sähköposti ▼
Tapahtuman vastaukset Osallistujat vastaavat tapahtumakutsuun. Näet myös tapahtuman osallistujaluettelon.	Ei mitään ▼
Päivittäiset tapahtumat Saat tapahtumasi sisältävän sähköpostiviestin joka päivä kello 05.00 nykyisen aikavyöhykkeesi mukaan.	Ei mitään ▼

Kuva 4. Kalenterin ilmoitusasetukset.

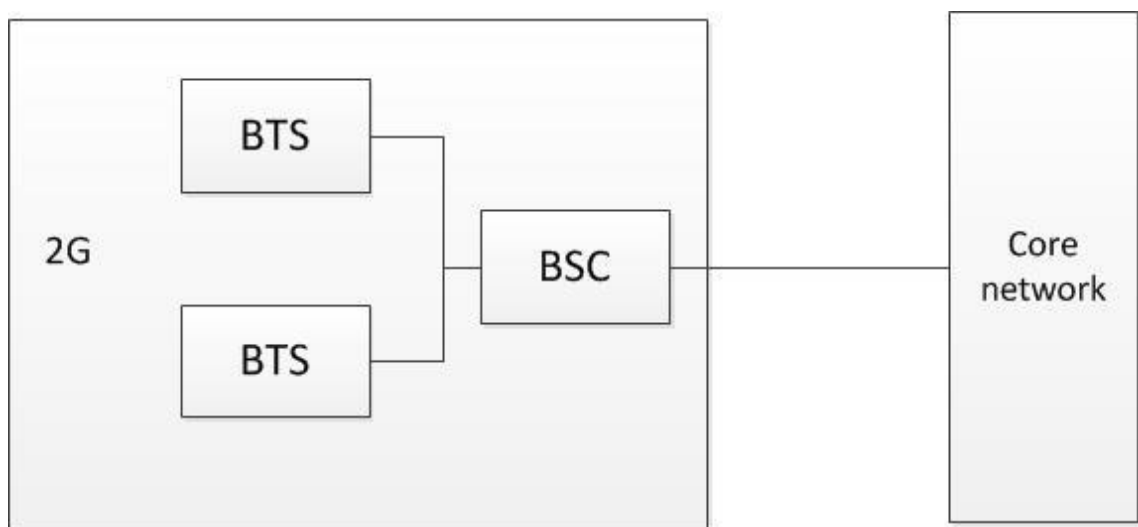
Hallintakeskuksen päivittäisiin rutiineihin kuuluu kalenterin seuranta. Kun kalenteriin ilmestyy uusi varaus, aletaan sitä valmistella välittömästi.

Otan esimerkiksi kohteen, jossa otetaan kaikki kolme tekniikkaa käyttöön. Tällainen on uusi 2G-, 3G- ja 4G-tukiasema. Ensimmäinen vaihe on etsiä radioverkkosuunnittelijoiden luomat XML-tiedostot tukiasemapaikalle. Orbion Consultingin projektissa tiedostoja pidetään yhteisellä verkkolevyllä, johon suunnittelutyökalut generoivat XML-tiedostot automaattisesti sen jälkeen, kun radioverkkosuunnittelijoiden suunnittelutyö on saatu valmiiksi. Kansion tulee olla sellainen, johon sekä hallintakeskuksella että radioverkkosuunnittelijoilla on pääsy. Tämä sijainti ei ole standardi, mutta tässä projektissa on näin sovittu. Pääasia on, että hallintakeskus löytää XML-tiedostot välittömästi, kun niille on

tarvetta. Tiedoston nimet ovat yleensä tukiaseman nimellä, joten ne on helppo paikantaa tuhansien tiedostojen joukosta. Tiedostoja on nimetty kahdella eri tavalla, ”tukiaseman-nimi_cabcel.xml” [liite 1] ja ”tukiasemannimi_adj.xml”.

GSM (2G)-tukiaseman valmistelu hallintakeskuksessa

Valmistelevien töiden on tarkoitus varmistaa, että kaikki on valmiina hallintakeskuksen puolesta ennen käyttöönottoa. Valmisteluvaiheessa luodaan tukiaseman naapuruuksiin BSC:hen odottelemaan käyttöönottoa. Kuvassa 5 näkyy 2G-verkon yksinkertaistettu hierarkia, ja hallintakeskuksen tehtävänä on valmistella GSM-tukiasema BSC:hen.



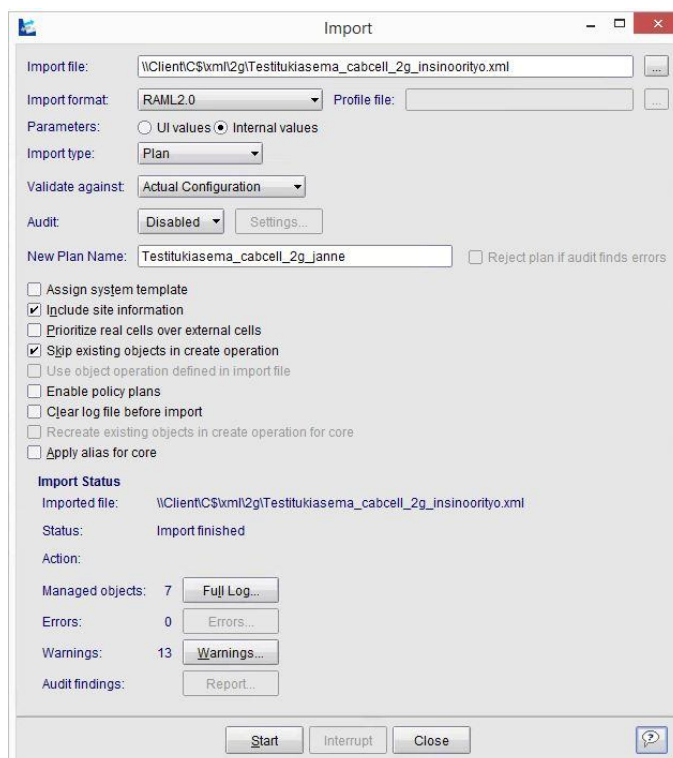
Kuva 5. GSM-verkon yksinkertaistettu hierarkia [5 s. 10].

Hallintakeskus saa radioverkkosuunnittelijoilta XML-tiedostot ja tiedoston, jonka nimi päättyy tekstiin ”cabcel”. Se sisältää 2G-puolella mm. seuraavat BSC-objektit: BCF, BTS, TRX, HOC ja POC. Tämän voi yksinkertaisesti ajatella niin, että BCF-objekti on BSC:n päässä tukiaseman aivot, BTS-objekti vastaa tukiaseman antennisektoreita, TRX-objektit vastaavat tukiaseman radioyksiköitä ja HOC- ja POC-objektit kontrolloivat tehoasetuksia ja naapuruuksia toisten tukiasemien välillä. [15.] Tiedostossa adj löytyy sektorikohtaiset naapuruusparametrit eli tieto, miten puhelu vaihtaa tukiasemasta toiseen.

Tarvittavat lähtötiedot:

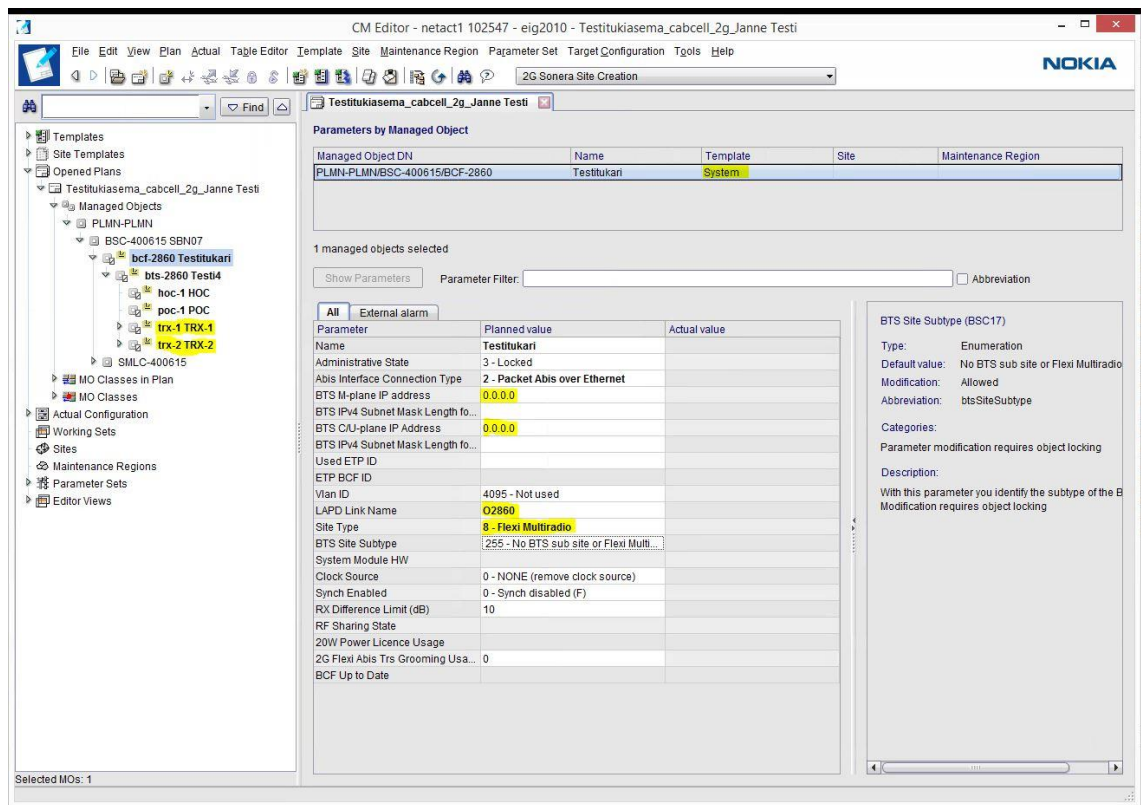
- Cabcel- ja adj-XML-tiedostot
- IP-osoitteet transmissio-tiimiltä
- tieto siitä, mihin BSC:hen tukiasema luodaan
- pääsy Nokian Netact-ohjelmiin.

Kun kaikki lähtötiedot on kerätty, tuodaan cabcel-tiedosto [liite 1] Nokian CM Operations Managerilla Nokian Netact-järjestelmään (kuva 6), ja tämän jälkeen kutsun sitä CM-planiksi.



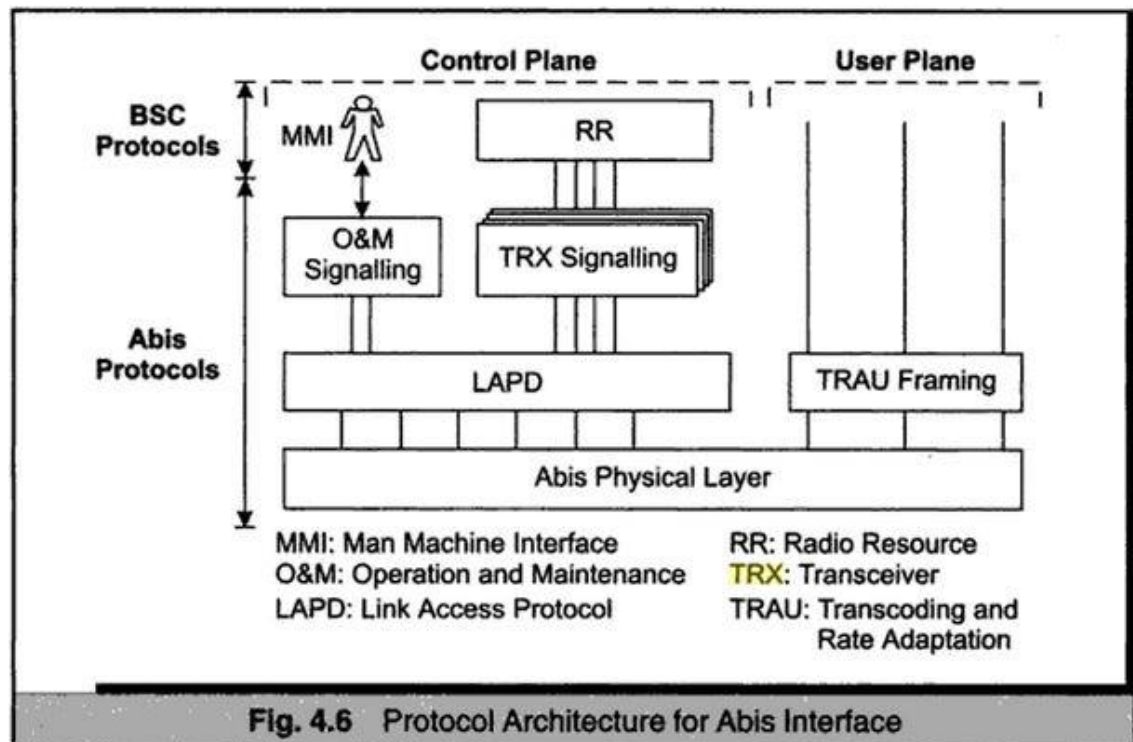
Kuva 6. XML-tiedoston tuominen Nokian Netact-järjestelmään.

Tukiasema ei ole vielä tällöin live-verkossa, mutta CM-planin tukiasemaparametrit ovat nyt muokattavissa Nokian CM-editorilla (kuva 7). Tässä vaiheessa lisätään tukiasemalle määritellyt IP-osoitteet BCF-objektille ja valitaan system modulen tyyppi, jonka tulee vastata tukiaseman päässä asennettua moduulin tyyppiä. Määritämme myös käytettävien LAPD-linkkien nimet BCF:lle ja TRX:lle. BCF-objektille määritetään tässä vaiheessa O&M-signaalointilinkin nimi, ja olen tässä käyttänyt esimerkkinä O2860-nimeä, jossa numero vastaa tukiaseman BCF-id:tä.



Kuva 7. CM-Editor-näkymä aikaisemmin tuotuun XML-tiedostoon. Oikeaan sarakkeeseen lisätään mm. IP-osoitteet, tukiaseman laitteiston tyyppi ja LAPD-linkin nimi.

2G-tukiasemalle pitää luoda kaksi erilaista LAPD-linkkiä. Ensimmäinen on O&M-linkki, jonka kautta hallitaan etänä tukiasemaa hallintakeskuksesta käsin. Kaikki viestiliikenne, kuten sektoreiden lukituskomennot ja vikatiedot, kulkevat tätä linkkiä pitkin hallintakeskukseen. Toista tarvittavaa LAPD-linkkiä käytetään TRX:n viestiliikenteeseen, jonka kautta BSC voi hallita tukiaseman ilma rajapintaa. [5, s. 94–95.] Kuvassa 8 on havainnollistettu 2G-verkon merkinantoprotokolla.



Kuva 8. GSM-tukiaseman signaointi [5, s. 95].

Ennen kuin CM-Plani voidaan ajaa verkkoon, täytyy LAPD-linkkien olla valmiiksi luotuna BSC:ssa ennen kuin edellä mainitun XML-tiedoston voi ajaa live-verkkoon. Linkit on mahdollista luoda tekemällä CM-editorilla. Tämä on osoittautunut hitaaksi tavaksi luoda linkit, joten loin yksinkertaisen Excel-taulukon, joka generoi MML-komennot syöttämällä muutamat tukiaseman avaintiedot. Nämä MML-komennot voidaan tämän jälkeen kopioida suoraan terminaaliihteyden kautta BSC:hen. Kuvassa 9 nähdään ruutukaappaus tekemästani Excel-tiedostosta.

BCF	OMU BCSU	BCSU OMU SIG	BTS IP	BCSU TRXsig
2860	1	10.96.116.54	10.97.144.7	10.96.116.70
OMU association				
OMU	ZOYX:OMIP2860:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
TRX Association				
TRX-1	ZOYX:TIP28601:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
TRX-2	ZOYX:TIP28602:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
TRX-3	ZOYX:TIP28603:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
TRX-4	ZOYX:TIP28604:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
TRX-5	ZOYX:TIP28605:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
TRX-6	ZOYX:TIP28606:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
TRX-7	ZOYX:TIP28607:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
TRX-8	ZOYX:TIP28608:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
TRX-9	ZOYX:TIP28609:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
TRX-10	ZOYX:TIP2860A:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
TRX-11	ZOYX:TIP2860B:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
TRX-12	ZOYX:TIP2860C:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;			
liitetään BCSU ja BTS ip:t				
OMU	ZOYP:IUA:OMIP2860:"10.96.116.54",,49152:"10.97.144.7",26,,,49152;			
TRX-1	ZOYP:IUA:TIP28601:"10.96.116.70",,49153:"10.97.144.7",26,,,49153;			
TRX-2	ZOYP:IUA:TIP28602:"10.96.116.70",,49154:"10.97.144.7",26,,,49154;			
TRX-3	ZOYP:IUA:TIP28603:"10.96.116.70",,49155:"10.97.144.7",26,,,49155;			
TRX-4	ZOYP:IUA:TIP28604:"10.96.116.70",,49156:"10.97.144.7",26,,,49156;			
TRX-5	ZOYP:IUA:TIP28605:"10.96.116.70",,49157:"10.97.144.7",26,,,49157;			
TRX-6	ZOYP:IUA:TIP28606:"10.96.116.70",,49158:"10.97.144.7",26,,,49158;			
TRX-7	ZOYP:IUA:TIP28607:"10.96.116.70",,49159:"10.97.144.7",26,,,49159;			
TRX-8	ZOYP:IUA:TIP28608:"10.96.116.70",,49160:"10.97.144.7",26,,,49160;			
TRX-9	ZOYP:IUA:TIP28609:"10.96.116.70",,49161:"10.97.144.7",26,,,49161;			
TRX-10	ZOYP:IUA:TIP2860A:"10.96.116.70",,49162:"10.97.144.7",26,,,49162;			
TRX-11	ZOYP:IUA:TIP2860B:"10.96.116.70",,49163:"10.97.144.7",26,,,49163;			
TRX-12	ZOYP:IUA:TIP2860C:"10.96.116.70",,49164:"10.97.144.7",26,,,49164;			

Kuva 9. Excel-tiedosto, joka generoi LAPD-linkkien luontikomennot BSC:lle, kun ensimmäiselle riville on syötetty tarvittavat tiedot.

Aikaisemmin käsitellyssä testitukiasemassa on kaksi TRX-objektia, joten Excelistä kopioidaan komennot, joiden edessä lukee OMU, TRX-1 ja TRX-2:

```

ZOYX:OMIP2860:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;
ZOYX:TIP28601:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;
ZOYX:TIP28602:IUA:S:BCSU,1:AFASSTNOB;
ZOYP:IUA:OMIP2860:"<BSC-OMU IP>",,49152:"<Tukiaseman IP>",26,,,49152;
ZOYP:IUA:TIP28601:"<BSC-TRX IP>",,49153:"<Tukiaseman IP>",26,,,49153;
ZOYP:IUA:TIP28602:"<BSC-TRX IP>",,49154:"<Tukiaseman IP>",26,,,49154;
ZDWP:OM2860:BCSU,1:62,1:OMIP2860; ("tässä kohdassa luodaan LAPD linkki samalla
nimellä mikä annettiin CM planissa O&M-linkille")

```

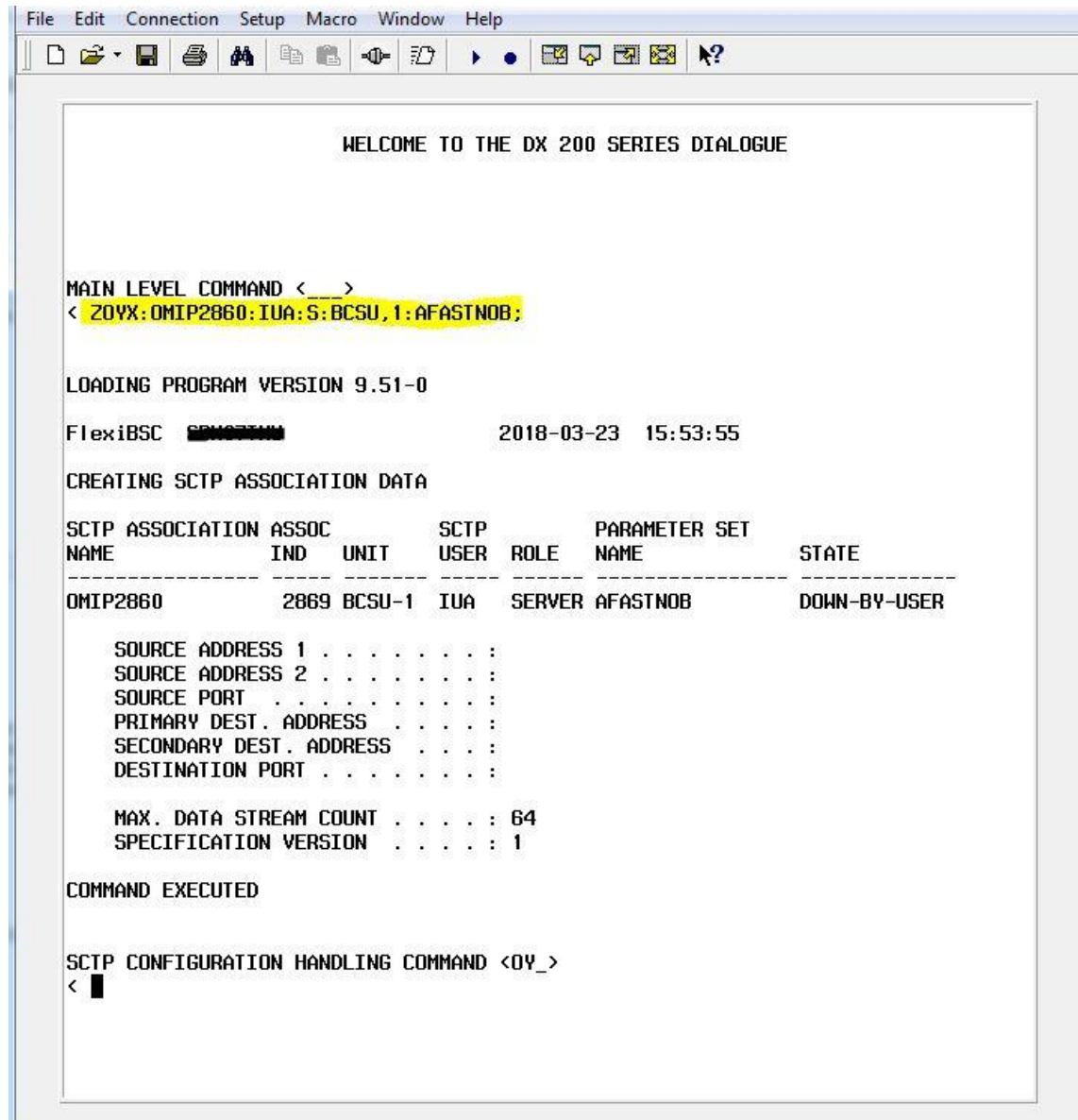
```

ZDWP:T28601:BCSU,1:00,1:TIP28601; ("tässä kohdassa luodaan LAPD linkki samalla
nimellä mikä määritettiin CM planissa TRX-1:n linkin nimeksi")

```

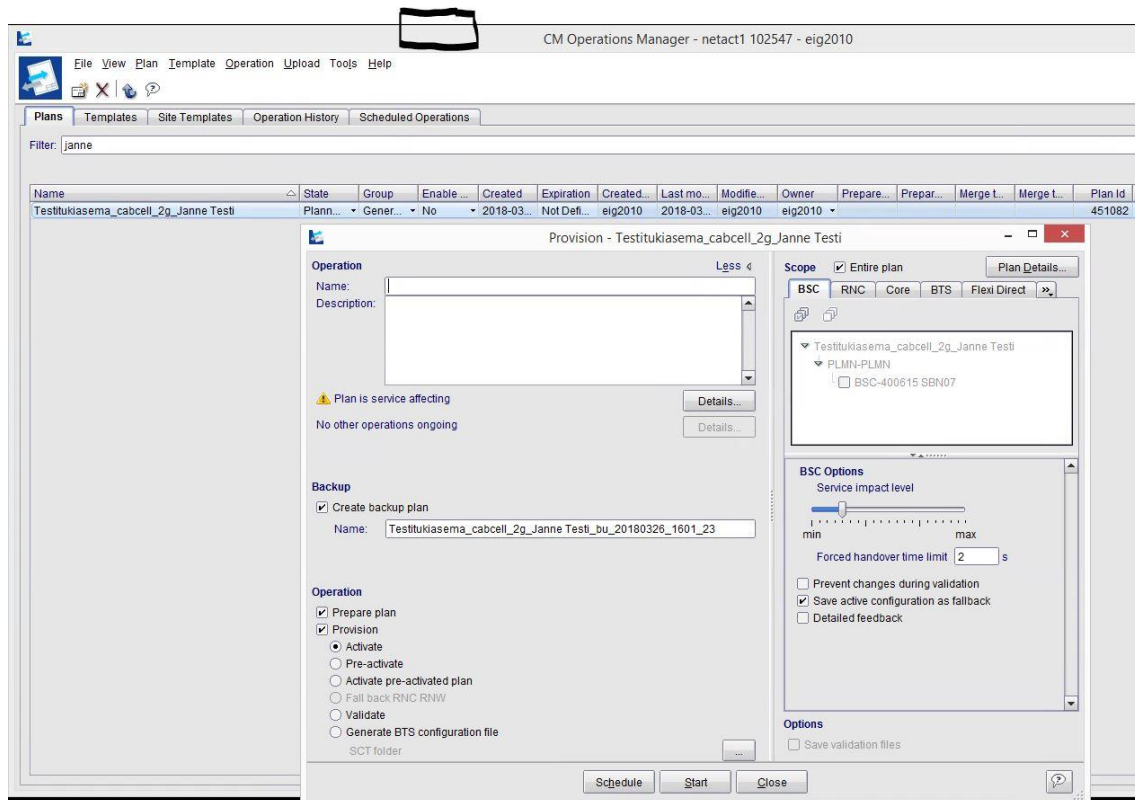
```
ZDWP:T28602:BCSU,1:00,2:TIP28602; ("tässä kohdassa luodaan LAPD linkki samalla
nimellä mikä määritettiin CM planissa TRX-2:n linkin nimeksi")
ZOYS:IUA:OMIP2860:ACT;
ZOYS:IUA:TIP28601:ACT;
ZOYS:IUA:TIP28602:ACT;
```

Nämä komennot kopioidaan suoraan BSC-terminaali-ikkunaan (kuva 10). LAPD-linkit ovat tämän jälkeen valmiita, ja ajan säästöä tulee noin 15 minuuttia verrattuna aikaisempaan toimintatapaan, jossa luotiin LAPD-linkit CM planilla.



Kuva 10. Terminal-yhteys BSC:hen. Kuvassa luodaan O&M-linkki BSC:hen.

LAPD-linkkien luonnin jälkeen Cabcell CM-plan ajetaan live-verkkoon CM Operations Managerilla (kuva 11). Planin ajo verkkoon kestää tavallisesti viidestä kymmeneen minuuttia riippuen siitä, kuinka paljon muita käyttäjiä on samanaikaisesti Netact-järjestelmässä.

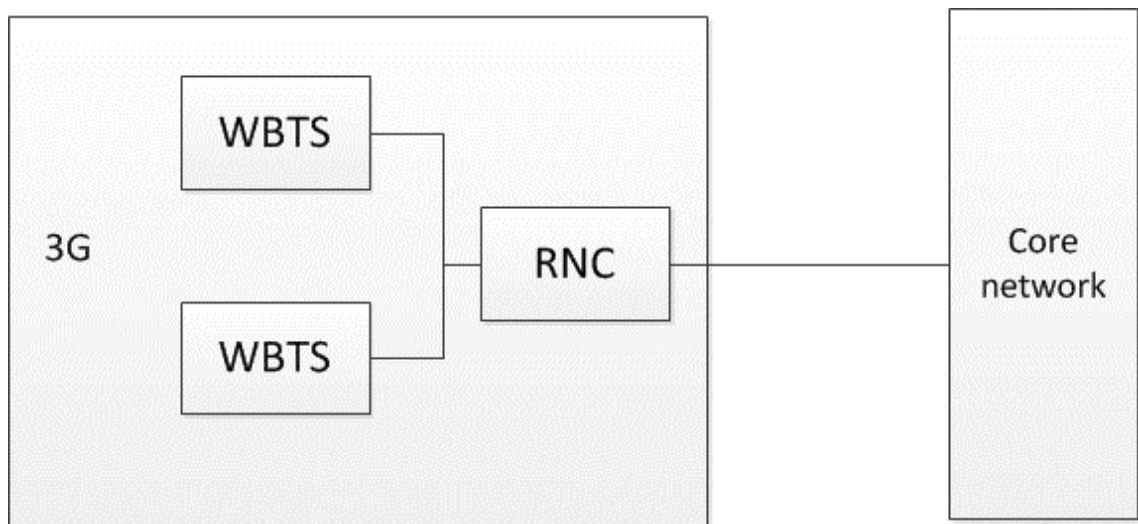


Kuva 11. CM-planin ajaminen (provisiointi) live-verkkoon CM Operations Managerilla.

Kun 2G-tukiasema on luotu BSC:hen, tuodaan "adj"-päätteinen XML-tiedosto CM Operations Managerilla samalla tavalla kuin cabcell-tiedoston kanssa tehtiin aikaisemmin. Tämän CM-planin voi provisioida välittömästi verkkoon ilman muokkauksia. Nämä tiedostot sisältävät tukiasemasektoreiden naapuruusparametrit, jotta BSC osaa siirtää liikuvan puhelun oikeaan tukiaseman sektoriin oikeassa maantieteellisessä suunnassa.

3G-tukiaseman valmisteleminen hallintakeskuksessa

Valmisteluprosessi uudessa 3G-tukiasemassa on lähes identtinen 2G-tukiaseman kanssa muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Tukiasemaohjain 3G-tukiasemalle on nimeltään RNC, kun 2G tukiasemassa se on BSC. Tavoitteena on siis luoda tukiasema valmisteluvaiheessa RNC:hen. [6.] Kuvassa 12 on kuvailtu yksinkertaisesti 3G-verkon hierarkia.



Kuva 12. 3G-verkon hierarkia.

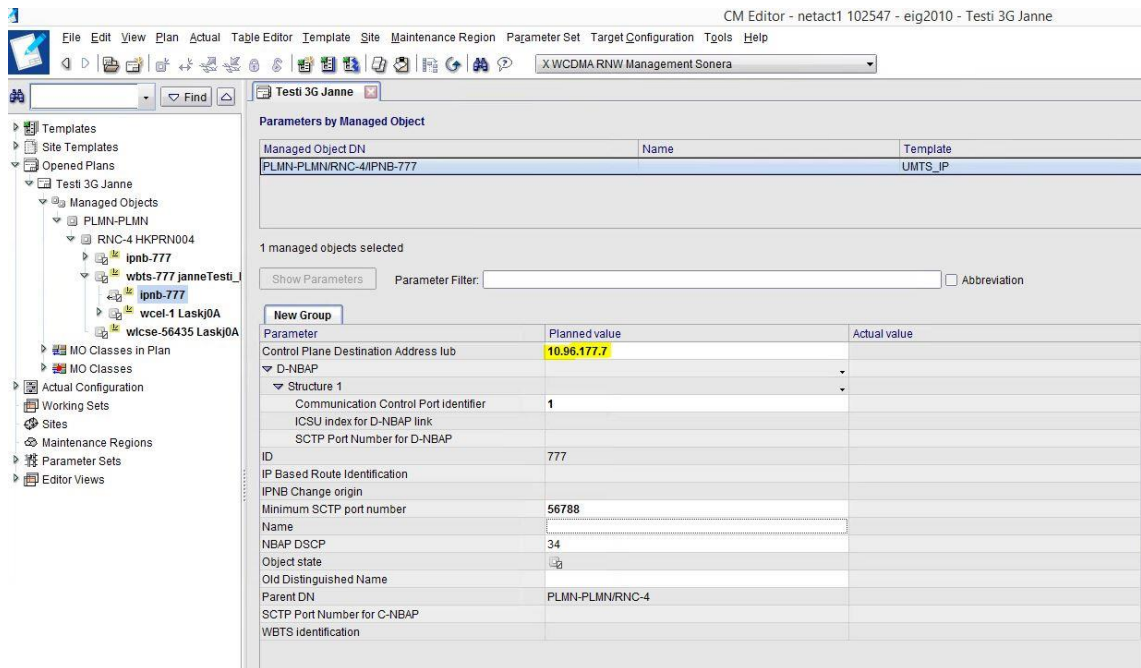
Prosessi toimii niin, että ensin tuodaan cabcel- ja adj-päätteiset XML-tiedostot Nokian Netact-järjestelmään kuin tehtiin 2G-valmistelussa. Erona 2G-tukiaseman valmisteluun on se, ettei LAPD-linkkejä tarvitse luoda erikseen, kun taas 3G-tukiasemaan pitää luoda "IP based route" [10, s. 2], ennen kuin CM-planin provisiointi voidaan tehdä. Tämä luodaan seuraavilla kahdella MML-komennoilla suoraan RNC:hen:

```

ZQRU:ADD:<tukiaseman WBTS-ID>,"<"tukiaseman nimi">":<tukiaseman siirtoyhteyden nopeus>:::ON;
ZQRC:NPGEF,12:IFGE0:IPV4=<fyysisen liitännän IP-osoite>;ID=<tukiaseman WBTS-ID>;
  
```

Jälkimmäisessä komennossa NPGEF numero 12 on transmissio-tiimin ennalta määrittämä liitäntäpiste RNC:ssa [16, s. 66], ja perässä oleva IP-osoite on kyseisen fyysisen liitännän IP-osoite, joka on uniikki jokaisella liitännällä. Tämä IP ja käytettävä liitäntäpiste on aina transmissio-tiimin valmistelemissa tukiasemakohtaisissa dokumenteissa. En tietoturvasyistä pysty jakamaan tässä esimerkkiä dokumenteista, jotka sisältävät IP-osoitteita.

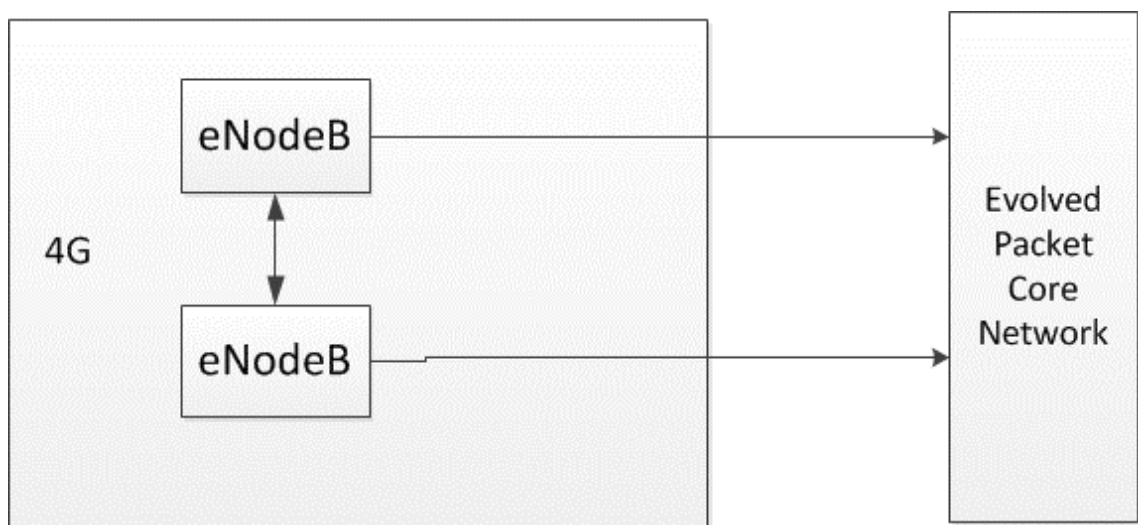
Kuvassa 13 näkyy, kun cabcel CM-planiin lisätään tukiaseman IP-osoite ja tämän jälkeen CM-planin voi provisoida verkkoon. Tämän jälkeen provisoidaan tukiaseman naapuruusparametrit eli "adj"-päätteisen XML-tiedoston 3G-tukiasemalle, ja tukiasema on valmiina käyttöönottoon.



Kuva 13. IP-osoitteen lisääminen CM-planiin CM-editorilla.

4G-tukiaseman valmisteleminen hallintakeskuksessa

4G-tukiaseman valmistelu poikkeaa varsin paljon 2G- ja 3G-tukiasemasta, koska välissä ei ole enää tukiasemaohjainta, jossa suurin osa radioparametreista määriteltiin vanhemmissa tekniikoissa. 4G-tukiasemassa kaikki tukiasemaparametrit asetetaan itse tukiasemaan. Kuvasta 14 voidaan nähdä 4G-verkon yksinkertaistettu hierarkia ja kuvasta voidaan havaita, ettei siellä ole tukiasemaohjainta välissä [7, s. 2].



Kuva 14. Yksinkertaistettu 4G-verkon hierarkia [7, s. 2].

Asentaja joutuu 4G-tukiaseman käyttöönotossa määrittämään lähes kaikki asetukset suoraan tukiasemaan. Tukiasemakohtaisia parametreja on sen verran paljon, että hallintakeskus valmistelee XML-tiedoston, jossa on tukiaseman parametrit ja lopuksi lähettää sen asentajalle. Tällä toimintatavalla vältetään asentajan tekemät inhimilliset virheet ja hallintakeskuksen on helpompi etsiä omat virheensä etänä verrattuna asentajan tekemiin virheisiin.

Projektin alussa hallintakeskus teki XML-tiedoston tukiaseman komissiointia varten manuaalisesti käyttämällä Nokian BTS Site Manageria. Kyseessä on sama työkalu, jota asentaja käyttää tukiasemalla, mutta se tehtiin ilman fyysistä yhteyttä tukiasemaan, ja konfiguraatio tallennettiin XML-tiedostoksi. Tämän jälkeen tiedosto lähetettiin sähköpostitse asentajalle. Asentaja taas latasi hallintakeskuksen valmisteleman XML-tiedoston tukiasemaan. Hallintakeskuksessa kului noin 40 minuuttia tiedoston valmisteluun manuaalisesti, vaikka käytössä oli valmiit pohjat. Pohjissa oli perusparametrit, jotka ovat samat jokaisessa tukiasemassa, mutta niiden lisäksi hallintakeskuksen täytyi lisätä tukiaseman IP-osoitteet ja solukohtaiset parametrit jokaiselle sektorille.

Halusin nopeuttaa valmisteluun käytettyä aikaa, koska lähtötiedot lähetettiin Excel-tiedostona. Tämän takia kehitin VBA-skriptillä makron, joka luo annetuista Excel-tiedostoista XML-tiedoston puoliautomaattisesti. Tällä makrolla, jota itse kutsun XML-generaattoriksi, saadaan XML-tiedoston luonti tiivistettyä viiteen minuuttiin. Lisäksi näistä viidestä minuutista neljä käytetään lähtötietojen kokoamiseen. Seuraavassa kappaleessa kerrotaan tarkemmin XML-generaattorista.

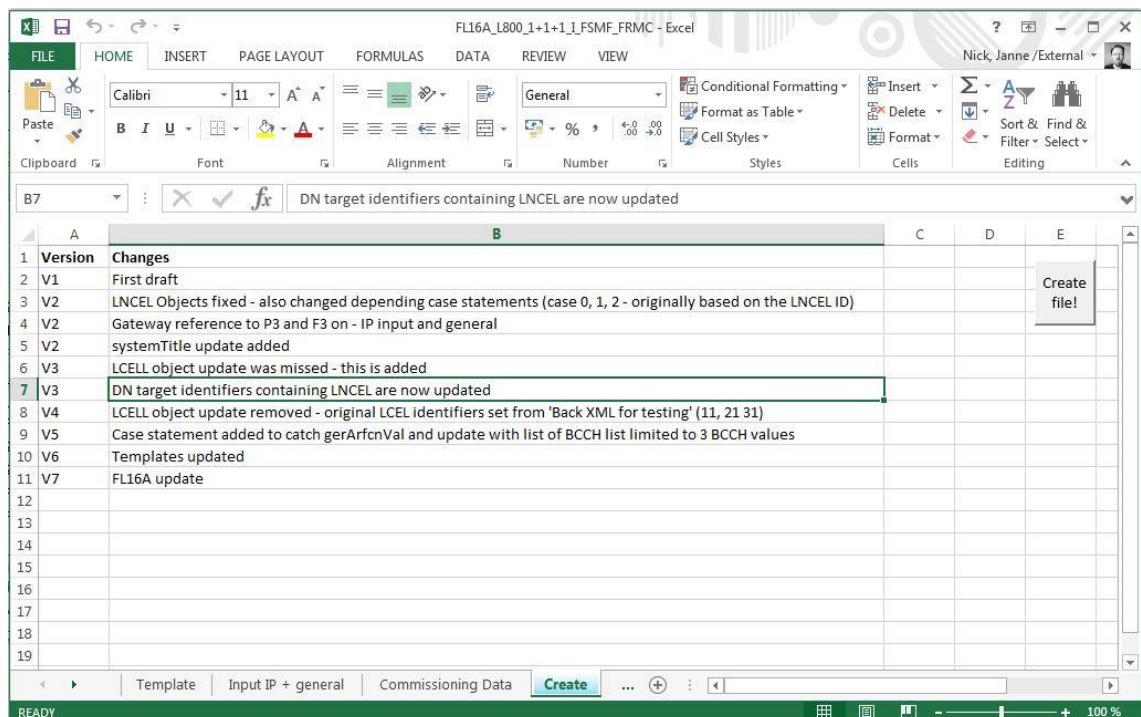
XML-generaattori

XML-generaattori on työkalu, jolla voidaan puoliautomaattisesti luoda 4G-tukiaseman komissiointitiedosto radioverkkosuunnittelijoilta saatavien parametrien perusteella. Lähtötietona tulee olla tieto siitä, minkä tyyppinen System Module [8] tukiasemalle asennetaan, sekä radioyksiköiden tyyppi ja lukumäärä. Prosessi toimii niin, että loin kaikille yleisimmin käytetyille konfiguraatioille oman makron (kuva 15), ja valitsin niistä oikean version ja täytin tarvittavat tiedot. Tiedoston nimestä selviää suoraan käytettävä ohjelmistoversio, fyysinen konfiguraatio ja sektoreiden lukumäärä.



Kuva 15. XML-generaattoriin eri versiot.

Käytän tässä esimerkkinä FL16A_L800_1+1+1_I_FSMF_FRMC -makroa (kuva 16). Kuten nimestä voi päätellä, kyseessä on tukiasema, jonka ohjelmisto on tasolla FL16A. Tukiasema käyttää 800 MHz taajuusaluetta, system-moduuli on tyyppiä FSMF ja radio-moduuli on tyyppiä FRMC.



Kuva 16. "Create"-välilehti XML-generaattorissa.

Kuvassa näkyy etusivu Excel-makrosta. Excelissä on neljä välilehteä, joista ensimmäinen on nimeltään "Template". Tämä välilehti sisältää tekstimuodossa XML-tiedoston,

jonka olen manuaalisesti luonut ja jossa olen käyttänyt keksittyjä arvoja muuttuviin parametreihin. Makro toimii niin, että se korvaa ”Template”-välilehdellä olevaan XML-tiedostoon muuttuvat parametrit ”Input IP + General” (kuva 17) ja ”Commissioning Data” (kuva 18) välilehtien arvoilla. Suurin osa parametreista on jokaisessa tukiasemassa samoja, joten hallintakeskuksen tarvitsee muuttaa ainoastaan tukiasemakohtaiset parametrit, jotka saadaan radioverkkosuunnittelijoilta.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	3G&4G CP	3G				3G&4G CP	4G CP			4G DCN /29			4G Synch		4G	
2	VLAN id	WBTS EIF /26				GW	EIF/26						TOP Server /30		UP VLAN	UP EIF
3	220	10.96.237.8				10.96.237.1	10.96.237.38			10.123.27.33			10.96.132.26		750	10.53.86.54
4																10.53.86.1
5																
6																
7	2G BCCH Taajuudet															
8		18														
9		15														
10		64														
11																
12																

Kuva 17. Input IP + general-välilehti.

”Input IP + general” välilehdelle pystytään kopioimaan ja liittämään IP-osoitteet suoraan operaattorin IP-taulukosta, ja ”2G BCCH Taajuudet” kohtaan laitetaan manuaalisesti, mitkä kanavat ovat käytössä saman tukiasematilän 2G-tukiasemassa.

	A	B	C	D	E	F	G
87	28/32	Radio Network Configuration					
88		MRBTS					
89		Multiradio Flexi BTS site identifier	145474				
90							
91		LNBT					
92		Macro eNB identifier:	145474				
93		Name:	Testitukari_Janne-L08-F	Note!:	underline char not accepted!		
94							
95		LcrID 012					
96		LTE cell configuration identifier	5067	Monica CI			
97		Cell name:	Janne2L	cell short name			
98		Group assignment for PUSCH:	11				
99		Physical layer cell identity:	498				
100		RACH Root Sequence:	704				
101		Tracking area code:	4180				
102		Uplink reference signals cyclic shift	2				
103							
104		LcrID 022					
105		LTE cell configuration identifier	5068	Monica CI			
106		Cell name:	Janne3L	cell short name			
107		Group assignment for PUSCH:	16				
108		Physical layer cell identity:	499				
109		RACH Root Sequence:	836				
110		Tracking area code:	4180				
111		Uplink reference signals cyclic shift	1				
112							
113		LcrID 032					
114		LTE cell configuration identifier	5069	Monica CI			
115		Cell name:	Janne 4L	cell short name			
116		Group assignment for PUSCH:	24				
117		Physical layer cell identity:	500				
118		RACH Root Sequence:	264				
119		Tracking area code:	4180				
120		Uplink reference signals cyclic shift	0				
121							
122							
123	Neighbours						
124	Site	BTS Subnet interface					
125							

Kuva 18. Commissioning Data -välilehti

"Commissioning Data" -välilehdelle voidaan kopioida ja liittää radioverkkosuunnittelijan tekemät soluparametrit suoraan samassa formaatissa, missä hallintakeskus vastaanottaa ne.

Kun tiedot on täytetty näille kahdelle välilehdelle, käydään painamassa "Create"-välilehdeltä "Create File!"-nappia (kuva 16). Tällöin makro luo automaattisesti XML-tiedoston, jonka voi syöttää suoraan tukiasemaan ja kaikki parametrit ovat automatisoidusti dokumentaation mukaisesti oikein.

XML-generaattori ohjelmoitiin Visual Basic for applications (VBA)-kielellä. Koodi on kokonaisuudessaan liitteenä 2, mutta avaan sen toimintaperiaatteita tässä muutamalla esimerkillä. Periaate on, että "Template"-sivun XML-tiedostoon korvataan muuttuvat parametrit. Esimerkkikoodissa 1 määritellään osa muuttujista. Samalla kaavalla tehdään myös loput tarvittavat muuttujat.

```
'Template var
Dim tRng As Range 'Template range
Dim t As Integer 'integer to iterate template range
Set tRng = ThisWorkbook.Worksheets("Template").Range("A1:A10000")
t = 1

'Määritellään Template-välilehti muuttujaksi "tRng" ja määritetään sen alueeksi "Template" välilehden sarakkeet A1:A10000.

'Input IP var
Dim iRng As Range
Set iRng = ThisWorkbook.Worksheets("Input IP + general").Range("A3:Z1000")

'Määritellään "Input IP + General" myös muuttujaksi jonka nimi on iRng ja määritetään alueeksi sarakkeet A3:Z1000.

Dim bcchRng As Range
Set bcchRng = ThisWorkbook.Worksheets("Input IP + general").Range("A8:A10")

'Määritellään "Input IP + general" välilehdeltä sarakkeet A8:A10 alueeksi josta löytyy 2G-tukiaseman kanavatiedot.

'Comm data var
Dim cRng As Range 'Comm range
Set cRng = ThisWorkbook.Worksheets("Commissioning Data").Range("A1:T1000")
newMRBTS = cRng(89, 3).Value
newLNBTS = cRng(92, 3).Value
eNBname = cRng(93, 3).Value

'Määritellään "Commissioning Data" välilehdeltä sarakkeet A1:T1000 nimellä cRng ja määritellään (rivi 89 sarake 3) uudeksi arvoksi MRBTS-ID:lle. Samoi-
ten (rivi 92 sarake 3) on uusi arvo LNBTS-ID:lle ja tukiaseman nimi taas mää-
ritellään rivillä 93, sarakkeessa 3.
```

Esimerkkikoodi 1. Tässä esimerkkikoodissa määritellään muuttujat.

Muuttujien määrittelyn jälkeen korvataan esimerkkikoodin 2 koodilla "Template"-välilehden XML-tiedostoon tarvittavat parametrit. Esimerkkikoodissa 2 selitän, kuinka se tapahtuu.

```
'MRBTS update - updates tags containing 'MRBTS-'
If InStr(1, tRng(t, 1).Value, "MRBTS-", vbBinaryCompare) Then
    oldData = ""
    a = InStr(1, tRng(t, 1).Value, "MRBTS-") + 6 'String start point
    b = 1 'String end point
    While IsNumeric(Mid(tRng(t, 1).Value, a, b)) = True
        oldData = Mid(tRng(t, 1).Value, a, b)
        b = b + 1
    Wend
    tRng(t, 1).Value = Replace(tRng(t, 1).Value, "MRBTS-" & oldData,
"MRBTS-" & newMRBTS) 'update XML inc. worksheet
```

```

End If
'Tämä koodi etsii "Template" välilehden XML tiedostosta rivejä joissa lukee
"MRBTS-" ja korvaa MRBTS arvon aikaisemmin määritetyllä "newMRBTS"-muuttu-
jalla.

'btsName update
If InStr(1, tRng(t, 1).Value, "btsName", vbBinaryCompare) Then
  oldData = ""
  a = InStr(1, tRng(t, 1).Value, "btsName") + 9 'String start point
  b = 1 'String end point
  While Mid(tRng(t, 1).Value, a + b - 1, 1) <> "<"
    oldData = Mid(tRng(t, 1).Value, a, b)
    b = b + 1
  Wend
  tRng(t, 1).Value = Replace(tRng(t, 1).Value, oldData, eNBname) 'update
XML inc. worksheet
End If

'Sama juttu kuin yllä, mutta tämä korvaa tukiaseman nimen "eNBname" muuttu-
jalla.

```

Esimerkkikoodi 2. XML-tiedoston päivittämistä.

Koodi jatkaa samaa kaavaa kaikkien IP-osoitteiden ja soluparametrien päivitysten osalta.

3.2 Tukiaseman käyttöönotto, testausprosessi ja vikaseuranta

Tukiaseman käyttöönotto helpottuu, jos valmistelut on tehty hyvin ja perusteellisesti. Tavallinen tukiaseman käyttöönotto etenee seuraavaksi kuvaamallani tavalla. Ensin asentaja soittaa hallintakeskukseen tukiasemalta ennalta sovittuna ajankohtana. Jos tukiasemapaikalla otetaan esimerkiksi käyttöön vain uusi 4G-tukiasema, pitää hallintakeskuksesta lukita olemassa olevat tekniikat (2G ja 3G), jotta asentaja voi tehdä töitä antennien edessä. Seuraavaksi asentaja tekee tukiaseman pään valmiiksi ja ilmoittaa tästä hallintakeskukselle. Hän ilmoittaa samalla että O&M-linkki on "working"-tilassa. Hallintakeskus avaa sektorit lukitustilasta, ja liikenne alkaa kulkea tukiaseman kautta. Ennen kuin asentaja päästetään pois tukiasemalta, hallintakeskus varmistaa, ettei tukiasemaan jää aktiivisia hälytyksiä ja että jokaisessa antennisektorissa on liikennettä.

Tukiaseman testaaminen käyttöönoton jälkeen on todettu todella tärkeäksi. Olen kehittänyt testausprosessia operaattoreiden kanssa yhteistyössä. Tavoitteena on löytää virheet silloin, kun asentaja on vielä tukiasemalla, jotta vika voidaan korjata ilman ylimääräistä tukiasemakäyntiä eikä asiakkaalle aiheudu ongelmia tai ylimääräisiä kuluja. Tukiaseman testausprosessi on yleensä operaattorin määrittelemä, ja nämä operaattoreiden vaatimukset vaihtelevat. Tyypillisesti testausprosessin runko on seuraava:

- Asentaja muodostaa jokaisesta sektorista puhelun.
- Asentaja kävelee tukiaseman ympäri ja tarkastaa, että puhelu siirtyy sektorista toiseen ilman ongelmia.
- Asentaja soittaa hälytysnumeroon 112 ja varmistaa, että puhelu yhdistyy lähimpään hätäkeskukseen.
- Asentaja täyttää testauspöytäkirjan. Operaattori määrittää tiedot, joiden tulee olla testauspöytäkirjassa.

Tukiaseman käyttöönoton jälkeen tukiasemien hälytyksiä ja tukiaseman mittausdataa seurataan 48 tunnin ajan. Mikäli tukiasema alkaa hälyttää, täytyy hallintakeskuksen reagoida siihen saman tien, jotta asiakas ei joudu kärsimään viasta kauan. Vika saattaa olla joko rikkinäinen osa tukiasemalla tai mahdollisesti mittausdatasta selviää muita ongelmia, kuten esimerkiksi antennisuunnat ovat saattaneet mennä fyysisesti ristiin. Hallintakeskuksen tulee korjata ongelmat saman tien joko etäyhteyksien avulla tai vaihtoehtoisesti lähettää asentaja fyysisesti paikan päälle katsomaan, mikä on vikana.

4 Saavutetut hyödyt ja tulevaisuus

Google-ajanvarauskalenterin käyttöönotto oli huomattava parannus alkuperäiseen ajanvaraukseen, koska sekä hallintakeskus että asentaja voivat tehdä sinne itsenäisesti muokkauksia. Tämä on vähentänyt huomattavasti varauksiin käytettyä turhaa aikaa. Myös kolmen päivän varoaika ennen varsinaista käyttöönottoa on osoittautunut tarpeelliseksi, sillä hallintakeskus ehtii yleensä reagoida ja ratkoa ilmaantuneet ongelmat ja etsii puuttuvat dokumentit ennen käyttöönottopäivää. Suurin ongelma tässä metodissa on ollut se, että asentajat eivät vieläkään aina muista ilmoittaa tukiaseman päässä olevista ongelmista, ja toisinaan varaus unohtetaan perua tai siirtää uuteen ajankohtaan. Mutta tämä yhteistyö paranee koko ajan, kun vain hallintakeskus jaksaa muistuttaa asentajia joka kerta kun peruutus unohtuu tehdä. Tämän kehitetyn metodin lisäksi 2G- ja 3G-tukiasemat on nyt valmisteltu entistä valmiimmaksi ennen käyttöönottoa, ja sen ansiosta itse käyttöönoton osuus on nopeutunut 20–40 % alkuperäisestä.

Tämän insinööri työn suurin hyöty saatiin 4G-tukiaseman komissiointia varten kehitetystä XML-generaattorista. Se nopeuttaa 4G-tukiaseman komissiointitiedoston tekemisen entisestä noin 45 minuutista nykyiseen 10 minuuttiin. Tämä minimoi asentajan tekemät virheet esimerkiksi IP-osoitteissa. Jos tiedostossa on virhe, todennäköisesti se on hallintakeskuksen itse aiheuttama, ja mahdollisen virheen löytäminen on aiempaa helpompaa. Taulukossa 2 olen listannut keskimääräisen ajan, jota hallintakeskus käyttää insinööri työssä kehitettyjen prosessien ja työkalujen käyttöönoton jälkeen.

Jos verrataan taulukkoa 2 taulukkoon 1, jossa ovat samojen töiden ajat ennen uusien prosessien ja työkalujen kehittämistä, voidaan todeta, että varsinkin 2G- ja 4G-tukiasemien valmistelu on nopeutunut huomattavasti. 3G-tukiaseman valmistelua on tois-
taiseksi vaikea nopeuttaa vanhasta prosessista, sillä radioverkkosuunnittelijoilta tulevat XML-tiedostot sisältävät lähes kaikki tarvittavat tiedot eikä MML-komentoja tarvitse juuri käyttää. Muutoksen 3G-tukiaseman valmistelun nopeutukseen tulisi lähteä radioverkkosuunnittelijoiden puolelta. 2G-tukiaseman valmistelussa hyöty saavutettiin Excel-tiedostolla, joka generoi LAPD-linkkien ja IP-assosiaatioiden suurin luontiin MML-komennot.

Taulukko 2. Hallintakeskuksen ajankäyttö insinööriyössä kehitettyjen menetelmien jälkeen.

Tekniikka	Valmistelut, min	Käyttöönotto, min
2G	40	30
3G	60	30
4G	10	40

Lähitulevaisuudessa operaattorit alkavat ottaa myös 5G-verkkoja käyttöön. Hallintakeskuksen kannalta 5G-tukiasemien käyttöönotto tulee todennäköisesti vastaamaan pitkälti 4G-tukiasemien käyttöönottoa. Isoimmat muutokset tulevat olemaan radorajapinnassa, mutta se ei käytännössä vaikuta hallintakeskuksen käyttöönottoprosessiin. 2G-, 3G- ja 4G-verkot pysyvät tulevan 5G-verkon rinnalla, ainakin alkuvaiheessa.

”5G:n jatkossa tuomat parannukset ovat tulleet jo tutuiksi: tiedonsiirron nopeus kasvaa, viiveet pienenevät ja tuettu laitemäärä ponnahtaa uusiin lukemiin. Tiedonsiirrossa 5G:n on tarkoitus yltää 10 gigabittiin sekunnissa yhdessä verkkosolussa. Yhden neliökilometrin alueella 5G-verkkoon voidaan kytkeä jopa miljoona laitetta. Tämä on tärkeää, kun jatkossa verkkoyhteyden odotetaan löytyvän laitteesta kuin laitteesta – ei vain älypuhelimista, tableteista tai muista perinteisistä mobiililaitteista. Verkkoyhteys tulee kaikkiin laitteisiin, joissa siitä edes voi olla jotakin hyötyä.

Lisäksi 5G tehostaa merkittävästi verkon radiotaajuuksien käyttöä. 5G on tulossa käyttöön kolmessa eri taajuusluokassa: matalat taajuudet, kuten 700 megahertsiä, vievät verkon laajalle, kaupungeissa lisää kapasiteettia saadaan 3,5 gigahertsin tietämiltä löytyvältä taajuudelta, ja lisäksi esimerkiksi kotitalouksien laajakaistoja ja kuituja voidaan korvata korkeilla, lähes 30 gigahertsin taajuuksilla.” [9.]

5 Yhteenveto

Insinööriyössä kehitettiin uusia työkaluja ja työtapoja hallintakeskuksen käyttöön. Insinööriyössä kuvaillut työsuoritteet kuuluvat jokaisen matkapuhelinoperaattorin päivittäisiin rutiineihin. Samaan lopputulokseen päästään monella eri työskentelytavalla, mutta työskentelytapojen eroavaisuudet ilmenevät esimerkiksi virheiden määrän ja ajankäytön suhteen. Suomalaisilta operaattoreilta saadun palautteen perusteella kehittämäni työtavat ovat todella tehokkaita, ja nykyisten metodien ansiosta tehdään virheitä huomattavasti vähemmän kuin muut operaattoreiden käyttämät aliurakoitsijat tekevät. Erityisesti pitkällä aikavälillä tällaisen tehokkuuden ja tarkkuuden lisäämisen ja ajallisen säästämisen voi olettaa tuovan mittavia parannuksia olemassa oleviin työskentelytapoihin, ja siten myös työn tuloksellisuuteen.

Nämä prosessit vaativat kuitenkin jatkuvaa kehittämistä, ja tulevaisuudessa tarvitaan vielä uusia työkaluja. Esimerkiksi matkapuhelinverkkoihin tulee koko ajan uusia ominaisuuksia ja olemassa oleva tekniikka kehittyy. Lisäksi tulevaisuus voi tuoda mukanaan muitakin hankaloittavia tekijöitä, kuten alihankintatyön lisäämisen ja sitä kautta vaihtuvan henkilöstön aiheuttaman virhemarginaalin kasvamisen. Yhdellä toimivaksi koetulla metodilla ei siis vielä ratkaista kaikki ongelmia, tulevaisuudesta puhumattakaan.

Jotta työ pysyisi myös tulevaisuudessa tehokkaana, kehitystä täytyy seurata jatkuvasti, ja yrittää löytää aina tehokkain mahdollinen tapa suorittaa haluttu työ. Onnistuakseen tämä tavoite vaatii työhön omistautumista ja kiinnostusta eri metodien kokeilemiseen ja vertailuun, unohtamatta koko tiimin sitoutumista uusien toimintatapojen opetteluun, käyttöönottoon ja seurantaan.

Lähteet

- 1 Kaivosoja, Juho. 2011. A Brief Introduction to Nokia DX 210 and MML Networking Technology. Luentomoniste. Aalto-yliopisto.
- 2 Nokia NetAct OSS Introduction. 2012. Verkkoaineisto. Nokia Siemens Networks. <<http://nokiaoss.blogspot.fi/2012/04/nokia-netact-oss-introduction.html>>. Luettu 5.4.2018.
- 3 Lam Phim Tap. 2017. Introducing software: BTS Site Manager. Verkkoaineisto. <https://www.youtube.com/watch?v=MFAPuZ_uH4wek>. Luettu 5.4.2018.
- 4 Google Apps for work. 2015. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 5 Narang, Nishit; Kasera, Sumit. 2007. 2G Mobile Networks: GSM and HSCSD.
- 6 Mitschele-Thiel , Andreas; Muckenheim, Jens. 2012. UMTS System Architecture and Protocol Architecture. Verkkoaineisto. <https://www.tu-ilmenau.de/fileadmin/public/iks/files/lehre/UMTS/04_UMTS-architecture-ws12.pdf>. Luettu 5.4.2018.
- 7 Palat, Sudeep; Godin, Philippe. 2009. The LTE Network Architecture – A comprehensive tutorial. Verkkoaineisto. <http://www.cse.unt.edu/~rdantu/FALL_2013_WIRELESS_NETWORKS/LTE_Alcatel_White_Paper.pdf>. Luettu 23.3.2018.
- 8 Nokia Flexi Multiradio 10 Basestation Brochure. 2015. Verkkoaineisto. Nokia Networks. <https://onestore.nokia.com/asset/200091/Nokia_Flexi_Multiradio_10_BTS_Brochure_EN.pdf>. Luettu 13.3.2018.
- 9 Lehtiniitty, Markus. 2017. Näin 5G laittaa verkot uusiksi. Verkkoaineisto. <<https://mobili.fi/2017/06/16/nain-5g-laittaa-verkot-uusiksi/>>. Luettu 29.3.2018.
- 10 Configuring IP connection for RNC,. DN02143138 Issue 13-0 en. 2009. Yrityksen sisäinen dokumentti. Nokia Siemens Networks.
- 11 Atoll Overview. 2018. Verkkoaineisto. Forsk. < <http://www.forsk.com/atoll-overview>>. Luettu 29.3.2018
- 12 Base transceiver station. 2018. Verkkoaineisto. Wikipedia < https://en.wikipedia.org/wiki/Base_transceiver_station>. Luettu 8.4.2018.
- 13 LAPD (televiestintä). Verkkoaineisto. Wikipedia. < [https://fi.wikipedia.org/wiki/LAPD_\(televiestint%C3%A4\)](https://fi.wikipedia.org/wiki/LAPD_(televiestint%C3%A4))>. Luettu 8.4.2018.

- 14 XML. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/XML>>. Päivitetty 14.12.2017. Luettu 8.4.2018.
- 15 BSS Radio Network Parameter Dictionary. 1999. Verkkoaineisto. Nokia. <<https://www.slideshare.net/jetalpatel1/nokia-dictionary>>. Luettu 7.4.2018.
- 16 Nabeeh, Ahmed Mohamed. 2016. Introduction to Nokia RNC. Verkkoaineisto. <<https://www.slideshare.net/AhmedNabieh/introduction-to-nokia-rnc>>. Luettu 9.4.2018

Cabcell_2G_insinoorityo.xml

XML-tiedosto jonka olen luonut itse tässä insinöörityössä esimerkkinä käytettävään testitukiasemaan. Jotta emme sekottaisi liikenteessä olevaa verkkoa. Normaalisti tämä XML-tiedosto tulee radioverkkosuunnittelijoilta.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE raml SYSTEM 'raml20.dtd'>
<raml version="2.0" xmlns="raml20.xsd">
  <cmData type="plan" name="Testitukiasema_inssi-
tyo_cabcell.xml">
<header>
  <log action="create" appInfo="NMS Export" dateTime="2018-
03-21T20:13:12" user="JNick">CDM nokia export GSM-Testi4</log>
</header>
<managedObject class="BCF" distName="PLMN-PLMN/BSC-400615/BCF-
2860" operation="create">
  <defaults name="System"/>
  <p name="bcfType">8</p>
  <p name="latitude">610906535.163</p>
  <p name="longitude">241349433.074</p>
  <p name="name">Testitukari</p>
</managedObject>
<managedObject class="BTS" distName="PLMN-PLMN/BSC-400615/BCF-
2860/BTS-2860" operation="create">
  <defaults name="GSM_MACRO"/>
  <p name="bsIdentityCodeBCC">7</p>
  <p name="bsIdentityCodeNCC">0</p>
  <p name="btsSpLoadDepTchRateLower">0</p>
  <p name="btsSpLoadDepTchRateUpper">0</p>
  <p name="cellId">46677</p>
  <p name="cellType">2</p>
  <p name="diversityUsed">1</p>
  <p name="hoppingMode">0</p>
  <p name="locationAreaIdLAC">4117</p>
  <p name="locationAreaIdMCC">244</p>
  <p name="locationAreaIdMNC">91</p>
  <p name="name">Testi4</p>
  <p name="nwName">Testi4</p>
  <p name="rac">7</p>
  <p name="segmentId">2860</p>
  <p name="segmentName">Testi4</p>
</managedObject>
<managedObject class="HOC" distName="PLMN-PLMN/BSC-400615/BCF-
2860/BTS-2860/HOC-1" operation="create">
  <defaults name="GSM_MACRO"/>
  <p name="enableIntraHoDl">1</p>
  <p name="enableIntraHoUl">1</p>
  <p name="name">HOC</p>
</managedObject>
```

```
<managedObject class="POC" distName="PLMN-PLMN/BSC-400615/BCF-
2860/BTS-2860/POC-1" operation="create">
  <defaults name="GSM_MACRO"/>
  <p name="name">POC</p>
</managedObject>
<managedObject class="LCSE" distName="PLMN-PLMN/BSC-400615/SMLC-
400615/LCSE-4117 46677" operation="create">
  <p name="linkedCellDN">PLMN-PLMN/BSC-400615/BCF-2860/BTS-
2860</p>
  <p name="altitude">0</p>
  <p name="antBearing">350</p>
  <p name="antHeight">20</p>
  <p name="bCCHFrequency">24</p>
  <p name="bsicBcc">7</p>
  <p name="bsicNcc">0</p>
  <p name="latDegrees">61</p>
  <p name="latFractions">35</p>
  <p name="latMinutes">5</p>
  <p name="latSeconds">26</p>
  <p name="latSign">0</p>
  <p name="lcsGlobalIdCi">46677</p>
  <p name="lcsGlobalIdLac">4117</p>
  <p name="lonDegrees">24</p>
  <p name="lonFractions">79</p>
  <p name="lonMinutes">8</p>
  <p name="lonSeconds">5</p>
  <p name="lonSign">0</p>
  <p name="name">Testi4</p>
  <p name="predBckServRad">Not Defined</p>
  <p name="predFrtServRad">Not Defined</p>
</managedObject>
<managedObject class="TRX" distName="PLMN-PLMN/BSC-400615/BCF-
2860/BTS-2860/TRX-1" operation="create">
  <defaults name="GSM_MACRO"/>
  <p name="channel0AdminState">1</p>
  <p name="channel1AdminState">1</p>
  <p name="channel2AdminState">1</p>
  <p name="channel3AdminState">1</p>
  <p name="channel4AdminState">1</p>
  <p name="channel5AdminState">1</p>
  <p name="channel6AdminState">1</p>
  <p name="channel7AdminState">1</p>
  <p name="channel0Subslot">0</p>
  <p name="channel1Subslot">1</p>
  <p name="channel2Subslot">2</p>
  <p name="channel3Subslot">3</p>
  <p name="channel4Subslot">0</p>
  <p name="channel5Subslot">1</p>
  <p name="channel6Subslot">2</p>
  <p name="channel7Subslot">3</p>
  <p name="channel0Type">4</p>
  <p name="channel1Type">3</p>
  <p name="channel2Type">0</p>
```

```
<p name="channel3Type">0</p>
<p name="channel4Type">0</p>
<p name="channel5Type">0</p>
<p name="channel6Type">0</p>
<p name="channel7Type">0</p>
<p name="initialFrequency">24</p>
<p name="name">TRX-1</p>
<p name="tsc">7</p>
</managedObject>
<managedObject class="TRX" distName="PLMN-PLMN/BSC-400615/BCF-
2860/BTS-2860/TRX-2" operation="create">
  <defaults name="GSM_MACRO"/>
  <p name="channel0AdminState">1</p>
  <p name="channel1AdminState">1</p>
  <p name="channel2AdminState">1</p>
  <p name="channel3AdminState">1</p>
  <p name="channel4AdminState">1</p>
  <p name="channel5AdminState">1</p>
  <p name="channel6AdminState">1</p>
  <p name="channel7AdminState">1</p>
  <p name="channel0Subslot">0</p>
  <p name="channel1Subslot">1</p>
  <p name="channel2Subslot">2</p>
  <p name="channel3Subslot">3</p>
  <p name="channel4Subslot">0</p>
  <p name="channel5Subslot">1</p>
  <p name="channel6Subslot">2</p>
  <p name="channel7Subslot">3</p>
  <p name="channel0Type">0</p>
  <p name="channel1Type">0</p>
  <p name="channel2Type">0</p>
  <p name="channel3Type">0</p>
  <p name="channel4Type">0</p>
  <p name="channel5Type">0</p>
  <p name="channel6Type">0</p>
  <p name="channel7Type">0</p>
  <p name="initialFrequency">12</p>
  <p name="name">TRX-2</p>
  <p name="tsc">7</p>
</managedObject>
</cmData>
</ram>
```

XML-generaattori

XML-generaattorin VBA-skripti. Liite vain tilaajan käyttöön.